

Научная статья

УДК 634.739

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.07

Клональное микроразмножение перспективных сортов и форм полувысокорослой голубики с применением витаминно-минерального комплекса

Сергей Сергеевич Макаров¹

кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Борисовна Кузнецова²

кандидат сельскохозяйственных наук

Александра Васильевна Заушинцена³

доктор биологических наук

Елена Ивановна Куликова⁴

кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. Приведены результаты исследований по выращиванию в культуре *in vitro* растений полувысокорослой голубики сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11 с применением витаминно-минерального комплекса. Растения-регенеранты культивировали на питательных средах WPM, WPM 1/2 и WPM 1/4 с добавлением цитокинина 2-*iP* в концентрациях 2,0 и 4,0 мл/л. На этапе введения в культуру *in vitro* наибольшая жизнеспособность (84–90 %) эксплантов полувысокорослой голубики сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11 отмечена при использовании в качестве стерилизующих агентов Экостерилизатора бесхлорного, разведенного в соотношении 1:1, сулемы (0,1 %-й раствор) и Лизоформина 3000 (5 %-й раствор) при экспозиции 15 мин. На этапе «собственно микроразмножение» повышение концентрации цитокинина 2-*iP* от 2,0 до 4,0 мл/л способствовало увеличению количества микропобегов растений голубики в 1,1–1,2 раза, но вызывало уменьшение их суммарной длины в 1,3–1,6 раза. При добавлении витаминно-минерального комплекса суммарная длина микропобегов полувысокорослой голубики увеличивалась в 1,3–2,1 раза. Количество и суммарная длина микропобегов полувысокорослой голубики гибридной формы 23-1-11 превышали аналогичные показатели сорта Northblue в 1,1–1,3 и 1,3–1,4 раза соответственно.

Ключевые слова: голубика полувысокорослая, лесные ягодные растения, клональное микроразмножение, *in vitro*, витаминно-минеральный комплекс.

Для цитирования: Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Заушинцена А.В., Куликова Е.И. Клональное микроразмножение перспективных сортов и форм полувысокорослой голубики с применением витаминно-минерального комплекса // Лесохозяйственная информация. 2021. № 4. С. 97–105. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.07

¹ Центральное-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, старший научный сотрудник (Кострома, Российская Федерация), makarov_serg44@mail.ru

² Костромская государственная сельскохозяйственная академия, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и защиты растений (Кострома, Российская Федерация)

³ Кемеровский государственный университет, профессор кафедры экологии и природопользования (Кемерово, Российская Федерация)

⁴ Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, заведующий кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии, доцент (Вологда, Российская Федерация), elena-kulikova@List.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.07

Clonal Micropropagation of Promising Cultivars and Forms of Half-Highbush Blueberry Using a Vitamin-Mineral Complex

Sergey S. Makarov¹

Candidate of Agricultural Sciences

Irina B. Kuznetsova²

Candidate of Agricultural Sciences

Alexandra V. Zaushintsena³

Doctor of Biology Sciences

Elena I. Kulikova⁴

Candidate of Agricultural Sciences

Abstract. The results of studies on growing *in vitro* plants of half-highbush blueberry of Northblue cultivar and hybrid form 23-1-11 with the use of a vitamin-mineral complex. Regenerated plants are cultivated on nutrient medias WPM, WPM 1/2, and WPM 1/4 supplemented with cytokinin 2-iP at concentrations of 2.0 and 4.0 ml/l. The highest viability (84–90 %) of explants of half-highbush blueberry of Northblue cultivar and hybrid form 23-1-11 are observed when using Chlorine-free Ecosterilizer 1:1, mercuric chloride (0.1 %) and Lizoformin3000 (5 %) as sterilizing agents with a sterilization time of 15 minutes at the stage of introduction into *in vitro* culture. An increase in the concentration of cytokinin 2-iP from 2.0 to 4.0 ml/l contributed to an increase in the number of microshoots of blueberry plants by 1.1–1.2 times and a decrease in the total length by 1.3–1.6 times at the stage of “actual micropropagation”. The number of half-highbush blueberry micro-shoots increased by 1.0–1.2 times and the total length of shoots by 1.3–2.1 times with the addition of a vitamin-mineral complex. The number and total length of microshoots of blueberry plants of the half-highbush of hybrid form 23-1-11 exceeded than Northblue cultivar by 1.1–1.3 and 1.3–1.4 times respectively.

Keywords: half-highbush blueberry, forest berry plants, clonal micropropagation, *in vitro*, vitamin-mineral complex.

For citation: Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Zaushintsena A.V., Kulikova E.I. Clonal Micropropagation of Promising Cultivars and Forms of Half-Highbush Blueberry Using a Vitamin-Mineral Complex // *Forestry Information*. 2021. № 4. P. 97–105. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.07

¹ Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Senior Researcher (Kostroma, Russian Federation), makarov_serg44@mail.ru

² Kostroma State Agricultural Academy, Associate Professor of Agrochemistry, Soil Science and Plant Protection Chair (Kostroma, Russian Federation)

³ Kemerovo State University, Professor of Ecology and Nature Management Chair (Kemerovo, Russian Federation)

⁴ Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Head of the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Associate Professor (Vologda, Russian Federation), elena-kulikova@List.ru

В настоящее время все больший интерес приобретает выращивание сортового посадочного материала лесных ягодных растений с высокой лекарственной и пищевой ценностью, в частности полувысокорослой голубики, полученной в результате скрещивания видов *Vaccinium corymbosum* × *V. Angustifolium* [1]. При культивировании североамериканских сортов полувысокорослой голубики на торфяниках отмечены высокие показатели приживаемости, плодоношения и устойчивости к пониженным температурам. Не менее высокие результаты получены при интродукции полувысокорослой голубики в условиях выработанных торфяных месторождений в европейской части России. Следует отметить, что в Костромской обл. в результате селекции некоторых сортов получено несколько перспективных гибридных форм [2, 3].

Для получения большего количества здорового посадочного материала голубики в короткие сроки целесообразно использовать метод клонального микроразмножения [4].

Цель исследований – изучить влияние современных стерилизующих агентов на жизнеспособность эксплантов растений полувысокорослой голубики при введении в культуру *in vitro* и влияние витаминно-минерального комплекса (ВМК) на органогенез растений на этапе «собственно микроразмножение». Поскольку разработанный С.С. Макаровым витаминно-минеральный комплекс ранее не использовался при клональном микроразмножении лесных ягодных растений, то работа в данном направлении представляет научную и практическую ценность.

Объекты и методика исследований

Исследования проводили в Лаборатории клонального микроразмножения растений на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ в 2016–2021 гг. по общепринятым методикам [5]. В качестве объектов

исследования использовали экспланты исходных растений полувысокорослой голубики сорта Northblue и перспективной гибридной формы 23-1-11.

На этапе «введение в культуру *in vitro*» изучали влияние различных стерилизующих агентов и экспозиции обработки ими на жизнеспособность эксплантов. В качестве основных стерилизаторов использовали сулему (0,1 %-й раствор), Доместос, разведенный в соотношении 1:3, Экостерилизатор бесхлорный (1:1) и Лизоформин 3000 (5 %-й раствор). Время стерилизации (экспозиция) – 3, 5, 10 и 15 мин. Через 14 сут рассчитывали жизнеспособность эксплантов по соотношению живых эксплантов к общему количеству введенных в культуру (100 эксплантов в каждом варианте) [6, 7].

На этапе «собственно микроразмножение» изучали влияние питательной среды и концентрации регулятора роста на биометрические показатели растений-регенерантов голубики. В качестве питательных сред использовали WPM (Woody Plant Medium), WPM 1/2 и WPM 1/4 [8]. В питательные среды в качестве росторегулирующего вещества добавляли цитокинин 2-iP (2-изопенталаденин) в концентрациях 2,0 и 4,0 мл/л, а также витаминно-минеральный комплекс (ВМК) [9, 10]. В исследованиях учитывали количество побегов, их среднюю и суммарную длину. В каждом варианте – по 10 пробирочных растений. Повторность опыта 3-кратная.

Статистическую обработку данных проводили при помощи программ Microsoft Office 2016 и AGROS v.2.11. Применяли дисперсионный двухфакторный анализ, где: фактор А – тип питательной среды, фактор В – концентрация цитокинина. Оценку достоверности различий между средними данными вариантов опыта проводили по наименьшей существенной разности для 5 %-го уровня значимости (HCP_{05}).

Результаты и обсуждение

По результатам исследований установлено, что на этапе введения в культуру *in vitro*

наиболее эффективными стерилизующими агентами являются Экостерилизатор бесхлорный, 0,1 %-й раствор сулемы и 5 %-й раствор Лизоформина 3000 при экспозиции 15 мин: жизнеспособность эксплантов в данных вариантах составила 84–90 % (табл. 1). Также можно отметить достаточно высокую жизнеспособность (70 %) эксплантов голубики при обработке Лизоформином 3000 в течение 10 мин. При времени стерилизации 3 и 5 мин всеми

стерилизующими агентами доля жизнеспособных эксплантов не превышала 26 % вследствие гибели растений от инфекции.

На этапе «собственно микроразмножение» устанавливали влияние питательной среды, концентрации 2-иР и добавления витаминно-минерального комплекса на биометрические показатели растений-регенерантов полувысокорослой голубики сорта Northblue и гибридной формы 23-3-11 (рис. 1).

Таблица 1. Жизнеспособность эксплантов полувысокорослой голубики в зависимости от стерилизующего агента и времени стерилизации, %

Стерилизующий агент	Время стерилизации, мин			
	3	5	10	15
Сулема, 0,1 %-й	12	24	20	90
Доместос 1:3	8	10	20	38
Экостерилизатор бесхлорный 1:1	4	8	50	90
Лизоформин 3000 5 %-й	10	26	70	84

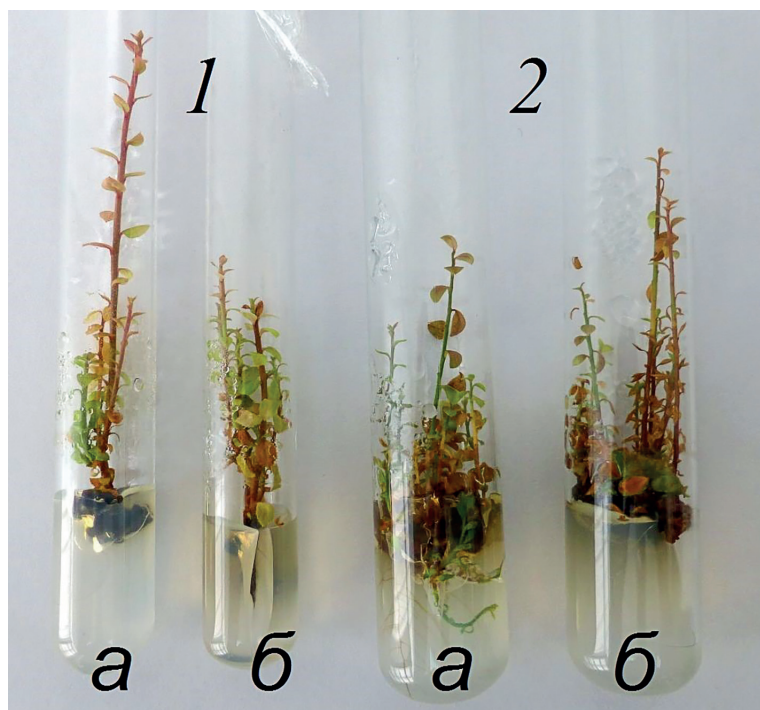


Рис. 1. Побегообразование растений-регенерантов полувысокорослой голубики сорта Northblue (1) и гибридной формы 23-1-11 (2) на питательной среде WPM: а – с добавлением витаминно-минерального комплекса; б – без витаминно-минерального комплекса

Установлено, что на данном этапе при повышении концентрации цитокинина 2-иР от 2,0 до 4,0 мл/л в питательных средах количество побегов полувысокорослой голубики гибридной формы 23-1-11 увеличивалось в среднем на 20 % и в 1,1–1,2 раза превышало аналогичный показатель для сорта Northblue (табл. 2). У растений гибридной формы 23-1-11 при добавлении в питательные среды ВМК количество побегов возросло в 1,1–1,2 раза (5,1–5,7 шт.), а у сорта Northblue значительных изменений не выявлено.

У голубики сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11 при повышении концентрации 2-иР от 2,0 до 4,0 мл/л в питательных средах в варианте без добавления ВМК средняя длина побегов снижалась в среднем в 1,6 раза (табл. 3). При добавлении ВМК у сорта Northblue этот показатель увеличивался в 1,2–1,5 раза (2,6–3,3 см), у гибридной формы – в 1,2–2,0 раза (3,8–4,0 см).

При повышении концентрации цитокинина 2-иР от 2,0 до 4,0 мл/л в питательных средах наблюдалось снижение суммарной длины побегов полувысокорослой голубики гибридной формы

Таблица 2. Количество побегов полувысокорослой голубики в зависимости от питательной среды, концентрации 2-IP и добавления ВМК, шт.

Питательная среда	Число побегов, шт., при концентрации 2-IP, мг/л		Среднее
	2,0	4,0	
Сорт Northblue			
<i>Без витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM	3,5	4,0	3,7
WPM 1/2	3,7	3,7	3,7
WPM 1/4	4,2	4,7	4,5
Среднее	3,8	4,1	-
HCP ₀₅ фактор A = 1,41, фактор B = 1,15, общ. = 1,99			
<i>С добавлением витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM + ВМК	3,1	3,9	3,5
WPM 1/2 + ВМК	3,5	4,0	3,8
WPM 1/4 + ВМК	4,0	5,1	4,6
Среднее	3,5	4,3	-
HCP ₀₅ фактор A = 1,51, фактор B = 1,21, общ. = 1,87			
Гибридная форма 23-1-11			
<i>Без витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM	3,8	4,4	4,1
WPM 1/2	4,2	4,9	4,6
WPM 1/4	4,8	5,8	5,3
Среднее	4,3	5,0	-
HCP ₀₅ фактор A = 1,86, фактор B = 1,43, общ. = 2,56			
<i>С добавлением витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM + ВМК	4,0	5,1	4,6
WPM 1/2 + ВМК	5,2	5,8	5,5
WPM 1/4 + ВМК	6,0	6,3	6,2
Среднее	5,1	5,7	-
HCP ₀₅ фактор A = 2,01, фактор B = 1,71, общ. = 2,54			

Таблица 3. Средняя длина побегов полувысокорослой голубики в зависимости от питательной среды, концентрации 2-IP и добавления ВМК, см

Питательная среда	Средняя длина побегов, см, при концентрации 2-IP, мг/л		Среднее
	2,0	4,0	
Сорт Northblue			
<i>Без витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM	2,5	1,7	2,1
WPM 1/2	2,9	1,8	2,3
WPM 1/4	3,4	1,9	2,6
Среднее	2,9	1,8	-
HCP ₀₅ фактор A = 0,36, фактор B = 0,29, общ. = 0,51			

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛ. 3

ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА	Средняя длина побегов, см, при концентрации 2-IP, мл/л		СРЕДНЕЕ
	2,0	4,0	
<i>С добавлением витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM + ВМК	2,7	2,0	2,4
WPM 1/2 + ВМК	3,2	2,7	3,0
WPM 1/4 + ВМК	3,9	3,0	3,5
Среднее	3,3	2,6	-
HCP ₀₅ фактор А = 0,46, фактор В = 0,31, общ. = 0,52			
Гибридная форма 23-1-11			
<i>Без витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM	3,2	2,0	2,6
WPM 1/2	2,7	1,6	2,2
WPM 1/4	3,3	2,4	2,9
Среднее	3,1	2,0	-
HCP ₀₅ фактор А = 0,71, фактор В = 0,42, общ. = 0,93			
<i>С добавлением витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM + ВМК	4,2	3,6	3,9
WPM 1/2 + ВМК	3,3	3,8	3,6
WPM 1/4 + ВМК	4,0	4,6	4,3
Среднее	3,8	4,0	-
HCP ₀₅ фактор А = 1,08, фактор В = 0,87, общ. = 0,92			

23-1-11 в среднем в 1,3 раза, тем не менее значения этого показателя были в 1,3–1,4 больше, чем у сорта Northblue (табл. 4).

При добавлении ВМК в питательные среды суммарная длина побегов у растений сорта Northblue увеличилась в 1,3–1,6 раза (11,3–11,7 см), кроме несущественных изменений на

среде WPM, а у гибридной формы – в 1,7–2,1 раза (19,3–23,1 см).

Существенных различий по всем биометрическим параметрам между вариантами разбавления минеральной основы в питательной среде WPM, как с добавлением ВМК, так и без него, не отмечено.

Таблица 4. Суммарная длина побегов полувысокорослой голубики в зависимости от питательной среды, концентрации 2-IP и добавления ВМК, см

ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА	Суммарная длина побегов, см, при концентрации 2-IP, мл/л		СРЕДНЕЕ
	2,0	4,0	
Сорт Northblue			
<i>Без витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM	8,8	6,8	7,8
WPM 1/2	10,7	6,7	8,7
WPM 1/4	10,9	8,5	9,7
Среднее	10,1	7,3	-
HCP ₀₅ фактор А = 1,60, фактор В = 1,29, общ. = 1,08			

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛ. 4

ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА	СУММАРНАЯ ДЛИНА ПОБЕГОВ, СМ, ПРИ КОНЦЕНТРАЦИИ 2-ИР, МЛ/Л		СРЕДНЕЕ
	2,0	4,0	
<i>С добавлением витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM + ВМК	8,4	7,8	8,1
WPM 1/2 + ВМК	11,2	10,8	11,0
WPM 1/4 + ВМК	15,6	15,3	15,5
Среднее	11,7	11,3	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,45, фактор В = 1,30, общ. = 1,01			
Гибридная форма 23-1-11			
<i>Без витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM	12,2	8,8	10,5
WPM 1/2	11,3	7,8	9,5
WPM 1/4	15,8	13,9	14,9
Среднее	13,1	10,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,34, фактор В = 1,18, общ. = 0,99			
<i>С добавлением витаминно-минерального комплекса</i>			
WPM + ВМК	16,8	18,4	17,6
WPM 1/2 + ВМК	17,2	22,0	19,6
WPM 1/4 + ВМК	24,0	29,0	26,5
Среднее	19,3	23,1	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,09, фактор В = 0,90, общ. = 0,89			

Выводы

По результатам исследований установлено, что на этапе введения в культуру *in vitro* растений полувысокорослой голубики сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11 наибольшая жизнеспособность эксплантов наблюдается в результате использования для стерилизации Экостерилизатора бесхлорного 1:1, 0,1 %-го раствора сулемы и 5 %-го раствора Лизоформина 3000 при экспозиции 15 мин. На этапе

«собственно микроразмножение» с повышением концентрации цитокинина 2-иР от 2,0 до 4,0 мл/л количество микропобегов растений полувысокорослой голубики увеличивается, но при этом их длина уменьшается. Добавление витаминно-минерального комплекса способствует повышению биометрических показателей растений. При этом данные показатели растений полувысокорослой голубики гибридной формы 23-1-11 превышают аналогичные показатели сорта Northblue.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Starast, M. The Effect of Using Different Mulches and Growth Substrates on Half-highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* × *V. angustifolium*) Cultivars “Northblue” and “Northcountry” / M. Starast, K. Karp, T. Paal // *Acta Horticulturae, Proceedings of the 7th International Symposium*. – Chile, 2000. – P. 281–286.
2. Тяк, Г.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович, А.В. Тяк // *Вестник Казанского гос. аграрного ун-та*. – 2016. – Т. 11. – № 2. – С. 43–46.
3. Корнев, И.А. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) [Электронный ресурс] / И.А. Корнев, Г.В. Тяк, С.С. Макаров // *Лесохозяйственная информация*. – 2019. – № 3. – С. 180–189. – Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
4. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия / В.С. Шевелуха [и др.]. – М. : URSS, 2015. – 715 с.
5. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro* : лабораторный практикум / Сост. С.С. Макаров, Е.А. Калашникова, И.Б. Кузнецова, Р.Н. Киракосян. – Караваево : Костромская ГСХА, 2019. – 48 с.
6. Некоторые аспекты микрклонального размножения голубики высокой и брусники обыкновенной / В.Н. Решетников [и др.] // *Плодоводство*. – 2007. – Т. 19. – С. 209–216.
7. Ускоренное размножение голубики топяной *in vitro* / Н.А. Вечернина, О.К. Таварткиладзе, А.А. Эрст, А.В. Горбунов // *Вестник Алтайского аграрного ун-та*. – 2008. – Т. 44. – № 6. – С. 21–25.
8. A Summary of Stock Paint Influences on Woody Plant Tissue Culture Success with Special Emphasis on the Ericaceae / P.E. Read, A.S. Economou, C.A. Hartley, J.M. Grout, C.D. Fellman // *Acta Hort*. – 1988. – Vol. 227. – P. 476–478.
9. Макаров, С.С. Влияние минерально-витаминного комплекса на клональное микроразмножение ежевики / С.С. Макаров // *Вестник БГСХА им. В. П. Филиппова*. – 2019. – № 1 (54). – С. 115–119.
10. Макаров, С.С. Влияние витаминно-минерального комплекса на биометрические показатели княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) / С.С. Макаров // II Международное книжное издание стран СНГ; Лучший молодой ученый – 2020 : II Междунар. книж. коллекция науч. работ молодых ученых. – Нур-Султан, 2020. – Т. III. – С. 88–91.

References

1. Starast, M. The Effect of Using Different Mulches and Growth Substrates on Half-highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* × *V. angustifolium*) Cultivars “Northblue” and “Northcountry” / M. Starast, K. Karp, T. Paal // *Acta Horticulturae, Proceedings of the 7th International Symposium*. – Chile, 2000. – P. 281–286.
2. Tyak, G.V. Biologicheskaya rekul'tivaciya vyrobotannyh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnyh yagodnyh rastenij / G.V. Tyak, L.E. Kurlovich, A.V. Tyak // *Vestnik Kazanskogo gos. agrarnogo un-ta*. – 2016. – Т. 11. – № 2. – С. 43–46.
3. Korenev, I.A. Sozdanie novyh sortov lesnyh yagodnyh rastenij i perspektivy ih intensivnogo razmnozheniya (*in vitro*) [Elektronnyj resurs] / I.A. Korenev, G.V. Tyak, S.S. Makarov // *Lesohozyajstvennaya informaciya*. – 2019. – № 3. – С. 180–189. – Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
4. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya / V.S. Sheveluha [i dr.]. – М. : URSS, 2015. – 715 s.
5. Vyrashchivanie lesnyh yagodnyh rastenij v usloviyah in vitro : laboratornyj praktikum / Sost. S.S. Makarov, E.A. Kalashnikova, I.B. Kuznecova, R.N. Kirakosyan. – Karavaevo : Kostromskaya GSKHA, 2019. – 48 s.
6. Nekotorye aspekty mikroklonal'nogo razmnozheniya golubiki vysokoj i brusniki obyknovennoj / V.N. Reshetnikov [i dr.] // *Plodovodstvo*. – 2007. – Т. 19. – С. 209–216.
7. Uskorennoe razmnozhenie golubiki topyanoj in vitro / N.A. Vechernina, O.K. Tavartkiladze, A.A. Erst, A.V. Gorbunov // *Vestnik Altajskogo agrarnogo un-ta*. – 2008. – Т. 44. – № 6. – С. 21–25.

8. A Summary of Stock Plant Influences on Woody Plant Tissue Culture Success with Special Emphasis on the Ericaceae / P.E. Read, A.S. Economou, C.A. Hartley, J.M. Grout, C.D. Fellman // Acta Hort. – 1988. – Vol. 227. – P. 476–478.

9. Makarov, S.S. Vliyaniye mineral'no-vitaminnoy kompleksa na klonal'noye mikrorazmnozheniye ezheviki / S.S. Makarov // Vestnik BGSKHA im. V.R. Filippova. – 2019. – № 1 (54). – S. 115–119.

10. Makarov, S.S. Vliyaniye vitaminno-mineral'nogo kompleksa na biometricheskiye pokazateli knyazheniki arkticheskoy (Rubus arcticus L.) / S.S. Makarov // II Mezhdunarodnoye knizhnoye izdaniye stran SNG; Luchshiy molodoj uchenyj – 2020 : II Mezhdunar. knizh. kolleksiya nauch. rabot molodyh uchenyh. – Nur-Sultan, 2020. – T. III. – S. 88–91.